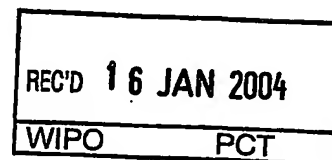


PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)



**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 102 57 951.2

**Anmeldetag:** 12. Dezember 2002

**Anmelder/Inhaber:** Leybold Vakuum GmbH, Köln/DE

**Bezeichnung:** Kolbenkompressor

**IPC:** F 04 B, F 25 B

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der  
ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 20. November 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Stark

Patentanwälte Patent Anwälte  
VON KREISLER SELTING WERNER

Delchmannhaus am Dom  
D-50667 KÖLN

von Kreisler Selting Werner · Postfach 10 22 41 · D-50462 Köln  
P.O. Box

Leybold Vakuum GmbH  
Bonner Straße 498

50968 Köln

Unser Zeichen:  
022292de/Sg-Eb/if

Patentanwälte  
Dipl.-Chem. Alek von Kreisler  
Dipl.-Ing. Günther Selting  
Dipl.-Chem. Dr. Hans-Karsten Werner  
Dipl.-Chem. Dr. Johann F. Fues  
Dipl.-Ing. Georg Dallmeyer  
Dipl.-Ing. Jochen Hilleringmann  
Dipl.-Chem. Dr. Hans-Peter Jönsson  
Dipl.-Chem. Dr. Hans-Wilhelm Meyers  
Dipl.-Chem. Dr. Thomas Weber  
Dipl.-Chem. Dr. Jörg Helbing  
Dipl.-Ing. Alexander von Kirschbaum  
Dipl.-Chem. Dr. Christoph Schreiber

Köln,  
10. Dezember 2002

Kolbenkompressor

Die Erfindung bezieht sich auf einen Kolbenkompressor mit einem gasgelagerten Kolben.

Kolbenkompressoren mit Gaslagerung werden u. a. in Stirlingkühlern, in Kolben-Vakuumpumpen und anderen Gaskompressoren eingesetzt. Die Gaslagerung eines Kolbens in einem Zylinder ermöglicht eine schmiermittelfreie und widerstandsarme Lagerung des Kolbens in dem Zylinder. Für die Gaslagerung weist der Kolbenkompressor eine Gaslagerungsanordnung auf, die einen Druckgasspeicher aufweist, der mit Gaslagerdüsen verbunden ist und diese mit unter Überdruck stehendem Druckgas versorgt. Der Druckgasspeicher wird von dem durch den Kolben in einem Zylinderdruckraum in einer Füllposition des Kolbens komprimierten

und einen hohen Gasdruck aufweisenden Gas versorgt. Um zu vermeiden, dass das unter hohem Druck stehende Gas aus dem Druckgasspeicher in den Zylinderraum zurückfließt, wenn sich der Kolben nicht in seiner Füllposition befindet und in dem Zylinderraum ein niedriger Druck herrscht, ist ein mechanisches Rückschlagventil, beispielsweise in Form eines Flatterventiles, in den Verlauf der Druckgaszuleitung zwischen dem Zylinderdruckraum und dem Druckgasspeicher vorgesehen. Mechanische Rückschlagventile unterliegen einer mechanischen Trägheit, können verklemmen oder Undichtigkeiten aufweisen und unterliegen Verschleiß.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, einen gasgelagerten Kolbenkompressor mit einem verbesserten Einlassventil zu schaffen.

Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Patentanspruches 1.

Der erfindungsgemäße Kolbenkompressor weist ein Einlassventil im Verlauf der Druckgaszuleitung auf, das von einer Zylinderwandöffnung und einer Kolbenwandöffnung gebildet wird. Die Zylinderwandöffnung und die Kolbenwandöffnung liegen in der Füllposition des Kolbens einander gegenüber und bilden ein geöffnetes Ventil. In einer Nichtfüllposition des Kolbens werden die Zylinderwandöffnung und die Kolbenwandöffnung von der jeweils gegenüberliegenden Kolbenwand bzw. Zylinderwand verschlossen und bilden ein geschlossenes Ventil. Die Zylinderwandöffnung und die Kolbenwandöffnung sind derart zueinander angeordnet, dass das Ventil bei hohem Gasdruck öffnet und bei niedrigem Druck in der Druckgaszuleitung schließt. Das Öffnen und Schließen ist nicht direkt abhängig von dem in der Druckgaszuleitung anliegenden Gasdruck, sondern von der Position des Kolbens. Ein Rückschlagventil ist entbehrlich, so dass keine beweglichen me-

chanischen Teile für das Einlassventil erforderlich sind. Das von der Zylinderwandöffnung und der Kolbenwandöffnung gebildete Einlassventil arbeitet verzögerungsfrei, weist eine hohe Zuverlässigkeit auf und ist mit relativ geringem Aufwand herstellbar.

Vorzugsweise ist die Zylinderwandöffnung und/oder die Kolbenwandöffnung als Zirkulärnut ausgebildet. Hierdurch stehen sich in der Füllposition des Kolbens die Zylinderwandöffnung und die Kolbenwandöffnung in jedem Rotationswinkel des Kolbens gegenüber, so dass der Kolben hinsichtlich seiner Rotationsposition in dem Zylinder nicht geführt werden muss.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung ist die Druckgaszuleitung in dem Zylindergehäuse zwischen dem Zylinderdruckraum und dem Einlassventil angeordnet. Diese Anordnung ist insbesondere bei Anordnung des Druckgasspeichers in dem Kolben und bei Vorsehen eines einzigen Einlassventils sinnvoll. Das Druckgas wird aus dem Zylinderdruckraum über die Druckgaszuleitung in dem Zylindergehäuse zu dem Einlassventil geleitet. Sobald die Kolbenwandöffnung der Zylinderwandöffnung gegenüber liegt, strömt das Druckgas in den Druckgasspeicher in dem Kolben. Sobald der Kolben die Füllposition wieder verlassen hat, ist das von der Zylinderwandöffnung und der Kolbenwandöffnung gebildete Einlassventil wieder geschlossen und kann das Druckgas in dem Druckgasspeicher durch das Einlassventil nicht mehr entweichen. Auf diese Weise ist eine einfache Druckgasversorgung eines Kolbens in einem Zylinder realisiert.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung sind der Druckgasspeicher und die Gaslagerdüsen in dem Kolben angeordnet. Die Gaslagerdüsen sind über Versorgungsleitungen in dem Kolben direkt mit dem

Druckgasspeicher verbunden. Grundsätzlich kann der Druckgasspeicher jedoch auch im Gehäuse angeordnet sein.

Vorzugsweise ist die Druckgaszuleitung in dem Kolben zwischen dem dem Zylinderdruckraum zugewandten Kolbenboden und der seitlichen Kolbenwand angeordnet. Diese Anordnung ist bei einem am Gehäuse vorgesehenen Druckgasspeicher oder beim Vorsehen mehrerer in Reihe hintereinander liegender Einlassventile sinnvoll.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung ist im Verlauf der Druckgaszuleitung ein zweites Einlassventil vorgesehen, das durch eine zweite Zylinderwandöffnung und eine zweite Kolbenwandöffnung gebildet ist, und das in der Füllposition des Kolbens öffnet. Das Druckgas fließt in der Füllposition des Kolbens durch die beiden geöffneten Einlassventile in den Druckgasspeicher.

Die Dichtlänge in dem Spalt zwischen dem Kolben und dem Zylinder in der Nichtfüllposition des Kolbens ist ungefähr so groß wie der Kolbenhub verringert um einen Öffnungsdurchmesser. Durch das Vorsehen mehrerer Einlassventile kann die effektive Dichtlänge entsprechend vergrößert werden. Dies ist insbesondere bei kurzem Kolbenhub erforderlich, bei dem sich die Kolbenwandöffnung in der Nichtfüllposition des Kolbens nicht weit von der Zylinderwandöffnung entfernt. Durch Vorsehen des zweiten Einlassventiles wird in der Nichtfüllposition des Kolbens die Sperrwirkung erheblich verbessert, d. h. das sog. Gasleck reduziert. Die Einlassventile befinden sich vorzugsweise jeweils auf unterschiedlichen Winkel- und Längspositionen des Zylinders. Es können auch drei, vier oder mehr Einlassventile in Reihe hintereinander im Verlauf der Gaszuleitung angeordnet sein.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung ist eine Verdrehsicherung vorgesehen, die ein Verdrehen des Kolbens in dem Zylinder verhindert. Dies ist insbesondere bei Vorsehen mehrerer Einlassventile erforderlich, die in bestimmten feststehenden Rotationswinkeln zueinander angeordnet sind.

Vorzugsweise ist jede Gaslagerdüse durch einen in eine Düsenbohrung eingesetzten Draht gebildet. Zwischen dem Draht und der zylindrischen Bohrungswand ist ein Ringspalt gebildet, durch den das Gas aus der Gaslagerdüse entsprechend gedrosselt ausströmt. Alternativ kann jede Gaslagerdüse durch einen gasdurchlässigen Stopfen aus Sintermaterial gebildet sein, beispielsweise aus Edelstahl.

Die Gaslagerdüsen liegen jeweils in einer Kolben-Querebene auf der Höhe der beiden Kolbenendbereiche. Hierdurch wird eine stabile Gaslagerung des Kolbens in dem Zylinder erreicht. Die Gaslagerdüsen können in dem Kolben vorgesehen sein, können jedoch auch in dem Zylindergehäuse angeordnet sein. Die Gaslagerdüsen können auch teilweise sowohl in dem Kolben als auch in dem Zylindergehäuse angeordnet sein. Die Anordnung der Gaslagerdüsen in dem Kolben hat den Vorteil, dass diese mit der Bewegung des Kolbens mitwandern und die radialen Stabilisierungskräfte daher stets in gleicher Weise auf den Kolben wirken. Die Anordnung der Gaslagerdüsen in dem Zylindergehäuse hat den Vorteil, dass die Druckgasversorgung größtenteils in dem feststehenden Zylindergehäuse angeordnet sein kann.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung weist der Kolbenkompressor eine pneumatische Kolbenendlage-Regelungsvorrichtung auf, wobei eine Konstantdruckgasquelle einen im Vergleich zum Kolbendruckhub konstanten Gasdruck erzeugt und direkt mit einer

Zylinderwandöffnung verbunden ist. Ferner ist ein Regeldruckspeicher in dem Kolben angeordnet und direkt mit einer Regeldruckspeicher-Kolbenwandöffnung verbunden. Der Regeldruckspeicher wird in der Füllposition des Kolbens mit dem gleichbleibend konstanten Gasdruck der Konstantdruckgasquelle beaufschlagt. Es ist eine Leitung zwischen der Konstantdruckgasquelle und einer zweiten Zylinderwandöffnung vorgesehen, die mit der Regeldruckspeicher-Kolbenwandöffnung ein Ladeventil bildet und die in der Endlage des Kolbens der Regeldruckspeicher-Kolbenwandöffnung gegenüberliegt, so dass sich der Gasdruck des Regeldruckspeichers an den Gasdruck der Konstantdruckgasquelle angleicht. Die Kolbenendlage-Regelungsvorrichtung ist zusätzlich zu der Kolben-Gaslagerung vorgesehen, wobei jeweils ein Druckgasspeicher für die Kolbenlagerung und für die Kolbenendlage-Regelungsvorrichtung vorgesehen ist und beide Vorrichtungen getrennt und unabhängig voneinander arbeiten.

Mit der Kolbenendlage-Regelungsvorrichtung wird eine Gasmenge in den Zylinderdruckraum in einer bestimmten Position des Kolbens, die nicht die Füllposition bzw. die Endlage ist, aus dem Regeldruckspeicher übergeben. Auf diese Weise wird die Gasmenge in dem betreffenden Zylinderdruckraum relativ konstant gehalten. Bei der anschließenden Kompression des Gases in dem Zylinderdruckraum ist die Kolbenendposition, die durch den Gasdruck in dem Zylinderdruckraum bestimmt wird, stets an der selben Stelle. Auf diese Weise wird eine Regelung der Kolbenendlage eines freischwingenden Kolbens realisiert, d.h. eines Kolbens, der nicht mit einer Kurbelwelle o. ä. mechanisch gekoppelt ist. Die pneumatische Kolbenendlage-Regelungsvorrichtung muss nicht Teil des beanspruchten Kolbenkompressors sein, sondern kann auch als eigenständige

Endlage-Regelungsvorrichtung für jede Art von Kolbenzylinder-Anordnung dienen.

Gemäß einer bevorzugten Ausführung ist der Kolbenkompressor Teil eines Stirlingkühlers mit einem Kaltfinger. Der Kaltfinger wird von einem Displacer-Kolben in einem Kaltfinger-Zylindergehäuse gebildet. Der Kaltfinger weist einen eigenen Druckgasspeicher und damit verbundene Gaslagerdüsen zur Lagerung des Displacer-Kolbens auf, oder es wird alternativ ein gemeinsamer Druckgasspeicher außerhalb des Kolbens verwendet. Der Kaltfinger-Druckgasspeicher ist mit dem Kolbenkompressor-Druckgasspeicher durch eine Kaltfinger-Gaszuleitung verbunden. Im Verlauf der Kaltfinger-Gaszuleitung ist ein Kaltfinger-Ventil angeordnet, das von einer Kolbenwandöffnung und einer Zylinderwandöffnung des Kolbenkompressors gebildet wird und in einer Füllposition des Kolbenkompressorkolbens geöffnet ist. Zur Versorgung der Kaltfinger-Gaslagerung wird Druckgas von dem Kolbenkompressor-Druckgasspeicher in den hierfür vorgesehenen Kaltfinger-Druckgasspeicher geleitet. Dies erfolgt sinnvollerweise in dem Moment, in dem sich der Kolben des Kolbenkompressors in seiner Füllposition befindet, da zu diesem Zeitpunkt der höchste Gasdruck zur Versorgung der Druckgasspeicher vorliegt. In der Füllposition des Kolbenkompressorkolbens wird daher auch das Kaltfinger-Ventil zwischen den beiden Druckgasspeichern geöffnet, so dass das Druckgas aus dem Zylinderdruckraum des Kolbenkompressors sowohl in den Kolbenkompressor-Druckgasspeicher als auch in den Kaltfinger-Druckgasspeicher fließt. Auf diese Weise wird der Einsatz von Flatterventilen oder anderen mechanischen Ventilen zur Absperrung des Druckgases in dem Kaltfinger-Druckgasspeicher vermieden.

Im folgenden werden unter Bezugnahme auf die Zeichnungen mehrere Ausführungsbeispiele der Erfindung näher erläutert.



Es zeigen:

Fig. 1 eine erste Ausführungsform eines Kolbenkompressors in einer Füllposition des Kolbens,

Fig. 2 den Kolbenkompressor der Figur 1 in einer Nichtfüllposition des Kolbens,

Fig. 3 eine zweite Ausführungsform eines Kolbenkompressors in einer Füllposition des Kolbens,

Fig. 4 den Kolbenkompressor der Figur 3 in einer Nichtfüllposition des Kolbens,

Fig. 5 eine dritte Ausführungsform eines Kolbenkompressors in einer Füllposition des Kolbens,

Fig. 6 den Kolbenkompressor der Figur 5 in einer Nichtfüllposition des Kolbens,

Fig. 7 eine vierte Ausführungsform eines Kolbenkompressors mit einer Kolbenendlage-Regelungsvorrichtung in einer Füllposition des Kolbens,

Fig. 8 der Kolbenkompressor der Figur 7 in einer Nichtfüllposition des Kolbens, und

Fig. 9 ein fünftes Ausführungsbeispiel eines Kolbenkompressors als Teil eines Stirlingkühlers mit einem Kaltfinger in der Füllposition des Kolbenkompressor-Kolbens.

In den Figuren 1 - 8 sind mehrere Ausführungsbeispiele eines Kolbenkompressors dargestellt, wie er beispielsweise als Bestandteil eines Stirling-Kryokühlers verwendet wird. Ein Stirling-Kryokühler mit einem Kolbenkompressor ist in Figur 9 dargestellt.

Eine erste Ausführungsform eines Kolbenkompressors 10 ist in den Figuren 1 und 2 gezeigt. Der Kolbenkompressor 10 wird im wesentlichen gebildet von einem Kolben 12, der in einem Zylinder 14 zwischen zwei Endpositionen oszilliert, die jeweils in den Figuren 1 und 2 dargestellt sind.

In dem Gehäuse 16 des Zylinders 14 ist eine Druckgaszuleitung 18 vorgesehen, die einen Zylinderdruckraum 20 an einem Zylinderende mit einer Zylinderwandöffnung 22 in der seitlichen Zylinderwand 24 verbindet.

Der Kolben 12 weist vier Gaslagerdüsen 28 in zwei Ebenen auf, die durch Querkanäle 30 und einen Längskanal 32 miteinander verbunden sind. Mindestens sind drei Gaslagerdüsen in jeder Ebene vorzusehen. Die Quer- und Längskanäle 30,32 bilden zusammen einen Druckgasspeicher 34, der ein ausreichendes Volumen Druckgas zur Versorgung der Gaslagerdüsen 28 mit Druckgas während eines Zyklus hat. Der von den Kanälen 30,32 gebildete Druckgasspeicher 34 weist ferner einen Verbindungskanal 36 auf, der in einer Kolbenwandöffnung 38 in der seitlichen Kolbenwand 40 mündet. Der Kolbenwandöffnung 38 ist eine in Umfangsrichtung verlaufende Zirkulärnut 39 zugeordnet, die über den gesamten Umfang der seitlichen Zylinderwand 24 verläuft.

Die Zylinderwandöffnung 22 und die Kolbenwandöffnung 38 bilden zusammen ein Einlassventil 42, durch das in der in Figur 1 dargestellten Füll- bzw. Endposition des Kolbens 12 Druckgas aus dem Zylinderdruckraum 20 in den Druckgasspeicher 34 fließt. In der in Figur 2 dargestellten Nichtfüllposition ist das Einlassventil 42 gesperrt. In der Nichtfüllposition des Kolbens 12 wird das Druckgas aus dem Druckgasspeicher 34, ebenso wie in der Füllposition, über die Gaslagerdüsen 28 langsam wieder abgegeben.

Die Gaslagerdüsen 28 weisen in einer Axialbohrung jeweils einen eingesetzten Draht auf, der in der Axialbohrung einen Ringspalt bildet. Auf diese Weise wird ein Druckabfall in der Gaslagerdüse realisiert, der ein zu schnelles Entweichen des in dem Druckgasspeicher 34 unter Druck zurückgehaltenen Gases verhindert. Alternativ kann in die Bohrung auch ein Stopfen aus Sintermaterial, z. B. aus Edelstahl, eingesetzt sein.

Das Gas entweicht über den gesamten Zyklus langsam. Der Gasdruck in dem Druckgasspeicher 34 nimmt so langsam ab, dass praktisch über den gesamten Bewegungszyklus des Kolbens 12 genügend Gasdruck vorhanden ist, um den Kolben 12 in der Zylindermitte zu halten.

Die Gaslagerdüsen 28 sind über die Kolbenlänge und den Kolbenumfang verteilt angeordnet und wirken als Drosseln. Die Gaslagerdüsen 28 werden von dem Druckgasspeicher 34 kontinuierlich mit Druckgas versorgt. Das aus den Gaslagerdüsen 28 ausströmende Druckgas bildet zwischen dem Kolben 12 und dem Zylindergehäuse 16 einen Spalt, durch den der Kolben 12 in der Zylindermitte gehalten wird und berührungslos in dem Zylindergehäuse 16 hin- und herläuft.

Der Drosselwiderstand der Gaslagerdüsen 28 ist ungefähr in der gleichen Größenordnung wie der Drosselwiderstand des Gasflusses zwischen dem Kolben 12 und dem Zylinder 14, wenn sich der Kolben 12 ungefähr in der radialen Mitte des Zylinders 14 befindet. Hierdurch ist der Druck in dem Spalt zwischen dem Kolben 12 und dem Zylinder 14 in der Nähe der Gaslagerdüsen 28 etwa halb so groß wie der Druck vor den Gaslagerdüsen, d. h. wie der Druck innerhalb des Druckgasspeichers 34. An allen Seiten des Kolbens 12 herrscht ungefähr der gleiche Druck. Sobald eine Kraft auf den Kolben 12 wirkt, verschiebt sich der Kolben 12 der Kraft nachgebend in radialer Richtung auf die Zylinderwand 24 zu. Hierdurch verringert sich in diesem Bereich der Spalt zwischen der Kolbenwand 40 und der Zylinderwand 24. Dadurch wird die Drosselwirkung des Spaltes zwischen der Kolbenwand 40 und der Zylinderwand 24 in diesem Bereich erhöht, wodurch der Kolben 12 entgegen der nach radial außen wirkenden Störkraft wieder nach radial innen in Richtung Zylindermitte gedrückt wird.

Für den Betrieb der Gaslagerung ist in dem Druckgasspeicher 34 ein Gasdruck erforderlich, der über dem Übergebungsdruck liegt. Der erforderliche Gasdruck wird während eines Zyklus stets in der in Figur 1 dargestellten Füllposition des Kolbens 12 dem Zylinderdruckraum 20 entnommen, der zu diesem Zeitpunkt stets einen hohen Gasdruck aufweist. In dieser Position ist das von der Zylinderwandöffnung 22 und der Kolbenwandöffnung 38 gebildete Einlassventil 42 geöffnet, so dass das unter hohem Druck befindliche Gas aus dem Zylinderdruckraum 20 in den Druckgasspeicher 34 fließen kann. Sobald der Kolben 12 seine Füllposition verlassen hat, steht der Zylinderwandöffnung 22 die Kolbenwand 40 und der Kolbenwandöffnung 38 die Zylinderwand 24 gegenüber, so dass das Einlassventil 42 geschlossen ist.

Durch die Zuordnung der Zirkulärnut 39 zu der Kolbenwandöffnung 38 ist bei dem im Querschnitt kreisrunden Kolben 12 und kreisrunden Zylinder 14 sichergestellt, dass das Einlassventil 42 in der Füllposition des Kolbens 12 bei jeder Rotationsposition des Kolbens 12 tatsächlich öffnet.

Der Zylinder 14 ist an dem dem Zylinderdruckraum 20 gegenüberliegenden Ende mit einem konstanten Gasdruck beaufschlagt, beispielsweise mit atmosphärischem Druck. Der Kolben wird durch einen nicht dargestellten Antrieb angetrieben, beispielsweise durch einen feststehenden Elektromagneten in Verbindung mit einer Kolbenfeder oder durch einen den Kolben mitnehmenden und sich in axialer Richtung bewegendem Magneten.

Eine Ausbildung eines Antriebes ist in dem in den Figuren 5 und 6 dargestellten Ausführungsbeispiel näher erläutert.

In dem in den Figuren 3 und 4 dargestellten zweiten Ausführungsbeispiel sind um 100 erhöhte Bezugszeichen des Ausführungsbeispiels der Figuren 1 und 2 übernommen, soweit sie gleiche Teile betreffen. Das gleiche gilt entsprechend für die übrigen Ausführungsbeispiele, in denen die Bezugszeichen um 200, 300 bzw. 400 erhöht sind.

In dem in den Figuren 3 und 4 dargestellten zweiten Ausführungsbeispiel eines Kolbenkompressors 110 sind gegenüber dem ersten Ausführungsbeispiel mehrere Einlassventile 142, 144, 146, 148 im Verlauf der Druckgaszuleitung 118, 160, 162, 164 in Reihe hintereinander angeordnet.

In dem vorliegenden Kolbenkompressor 110 ist ein Abschnitt der Druckgaszuleitung 164 in dem Kolben 112 zwischen einer Öffnung

170 in dem Kolbenboden 172 und einer zweiten Kolbenwandöffnung 174 angeordnet, die mit einer zweiten Zylinderwandöffnung 176 das Einlassventil 148 bildet. Auch die übrigen Einlassventile 142, 144, 146 werden jeweils durch eine Kolbenwandöffnung und eine in der Füllposition des Kolbens gegenüberliegende Zylinderwandöffnung gebildet.

Alle vier Einlassventile 142-148 öffnen in der Figur 3 dargestellten Füllposition des Kolbens 112 und sind in der in Figur 4 dargestellten Nichtfüllposition des Kolbens 112 geschlossen, da die jeweils einander gegenüberliegenden Zylinderwand- und Kolbenwandöffnungen der Einlassventile 142-148 nicht einander gegenüberliegen, sondern durch die jeweils gegenüberliegende Kolben- bzw. Zylinderwand versperrt sind. Durch das Vorsehen von mehreren Einlassventilen 142-148 wird die sog. Dichtlänge vergrößert, d. h. die Länge des Kolben-Zylinder-Spaltes zwischen der Kolbenwandöffnung und der Zylinderwandöffnung desselben Einlassventiles. Bei vier Einlassventilen 142-148 wird auf diese Weise die Dichtlänge vervierfacht, so dass der Gasleckstrom auf diese Weise erheblich reduziert wird. Dies ist insbesondere bei einem Kolbenkompressor notwendig, der nur einen kurzen Kolbenhub aufweist, der wiederum eine kurze Dichtlänge zwischen den beiden Wandöffnungen eines Einlassventiles zur Folge hat. Ein weiterer Abschnitt der Druckgaszuleitung 160 verläuft in dem Kolben 112 zwischen einem dritten und einem vierten Einlassventil 144, 146.

In dem Zylinder 114 ist eine Verdrehsicherung vorgesehen, die ein Verdrehen des Kolbens 112 in dem Zylinder 114 verhindert. Die Verdrehsicherung kann beispielsweise als eine nichtkreisförmige Ausbildung der am Kolben 112 befestigten, magnetischen Teile des Motors ausgebildet sein, die entsprechenden magnetischen Polschuhen gegenüberstehen.

In dem in den Figuren 5 und 6 dargestellten dritten Ausführungsbeispiel eines Kolbenkompressors 110 weist sowohl der Kolben 212 als auch der Zylinder 214 Gaslagerdüsen 228, 229 auf. Für die Versorgung der zylinderseitigen Gaslagerdüsen 229 ist ein zweites Einlassventil 250 vorgesehen, das mit dem ersten Einlassventil 242 durch den kolbenseitigen Druckgasspeicher 34 verbunden ist. Über das zweite Einlassventil 250 wird ein zylinderseitiger Druckgasspeicher 252 in der in Figur 5 dargestellten Füllposition des Kolbens 212 mit Druckgas versorgt.

Der Kolben 212 wird durch einen Motor 260 angetrieben, der im wesentlichen einen Elektromagneten 262 aufweist, der mit einem permanent magnetischen Teil des Kolbens zusammenwirkt. Der Kolben 212 kann im Bereich des Elektromagneten 262 einen reduzierten Außenumfang aufweisen, wodurch der Zylinder 114 auch die Axiallänge des Motors 260 mit einschließen kann. Hierdurch werden die Herstellungskosten gesenkt und die Lagerqualität gesteigert.

In den Figuren 7 und 8 ist ein viertes Ausführungsbeispiel eines Kolbenkompressors dargestellt, wobei die Lagerung des Kolbens in dem Zylinder in der Darstellung weggelassen ist. Der Kolbenkompressor 310 weist einen Kolben 312 auf, der gasgelagert in einem Zylinder 314 oszilliert und mit Druckgas gelagert ist, wie in den Figuren 1 - 6 dargestellten Ausführungsbeispielen beschrieben. Die im Folgenden beschriebene Kolbenendlage-Regelungsvorrichtung kann aber auch mit anderen Kolben-Zylinder-Anordnungen betrieben werden.

Die in den Figuren 7 und 8 dargestellte Kolbenendlage-Regelungsvorrichtung dient der Steuerung der Endlage des Kolbens 312 in seiner Füllposition, die in Figur 7 dargestellt ist. Die

Füllposition muss deshalb stets genau eingehalten werden, weil nur dadurch gewährleistet ist, dass die Kolbenwandöffnung und die Zylinderwandöffnung eines Einlassventiles dann genau miteinander fluchten und das durch sie gebildete Einlassventil einen ausreichend großen Öffnungsquerschnitt und eine ausreichend große Öffnungsdauer hat, damit der Kolbenkompressor-Druckgasspeicher wieder vollständig aufgeladen werden kann.

Der Kolbenkompressor 310 weist eine Konstantdruckgasquelle 350 auf, in der stets ein konstanter Gasdruck herrscht. Die Konstantdruckgasquelle 350 ist über eine Leitung 352 mit einer Zylinderwandöffnung 354 verbunden, die in der Figur 7 dargestellten End- bzw. Füllposition des Kolbens 312 mit einer Kolbenwandöffnung 356 fluchtet und mit dieser zusammen ein geöffnetes Ladeventil 358 bildet.

In dem Kolben 312 ist ein Regeldruckspeicher 360 vorgesehen, der in der Füllposition des Kolbens 312 mit dem Gasdruck der Druckgasquelle 350 beaufschlagt wird.

Ferner ist in dem Zylindergehäuse 362 eine Leitung 364 vorgesehen, die den Zylinderdruckraum 366 mit einer zweiten Zylinderwandöffnung 368 verbindet. Die zweite Zylinderwandöffnung 368 bildet mit der Kolbenwandöffnung 356 ein Entladeventil 370, das in der Figur 8 dargestellten Nichtendposition des Kolbens 312 geöffnet ist, so dass sich der Gasdruck des Regeldruckspeichers 360 und des Zylinderraumes 366 einander angleichen.

In der in Figur 7 dargestellten End- bzw. Füllposition des Kolbens 312 befindet sich dieser in der Endlage in Richtung Zylinderraum 366. In diesem Zeitpunkt ist der Gasdruck in dem Zylinderraum 366 höher als in dem Regeldruckspeicher 360 oder der Konstantdruckgasquelle 350. In dieser Position des Kolbens 312



ist das Regelventil 358 geöffnet, so dass sich der Gasdruck in dem Regeldruckspeicher 360 angleicht an den Gasdruck der Konstantdruckgasquelle 350. Dieser Gasdruck ist höher als der Gasdruck in dem Zylinderdruckraum 366 in der in Figur 8 dargestellten Nichtendposition des Kolbens 312. In der Nichtendposition des Kolbens 312, die in Figur 8 dargestellt ist, ist das Regelventil 358 geschlossen und das Entladeventil 370 geöffnet. Hierdurch wird der Druck in dem Zylinderdruckraum 366 an den Druck in dem Regeldruckspeicher 360 angeglichen, so dass sich in dem Zylinderdruckraum 366 in dieser Kolbenposition stets ungefähr die gleiche Gasmenge befindet.

Bei zu hohem Druck, d. h. bei zu großer Gasmenge in dem Zylinderdruckraum 366, wird die in Figur 7 dargestellte Endposition des Kolbens 312 nicht erreicht, so dass dem Regeldruckspeicher 360 kein Gas von der Konstantdruckgasquelle 350 zugeführt wird. Durch den unvermeidlichen Gasverlust und damit Druckverlust in dem Zylinderdruckraum 366 wandert die zylinderraumseitige Endposition des Kolbens 312 von Zyklus zu Zyklus weiter in Richtung Zylinderdruckraum 366, bis in seiner Endposition das Regelventil 358 wieder geöffnet wird. Auf diese Weise wird die druckseitige Endposition des Kolbens 312 geregelt bzw. begrenzt.

Zur Regelung der rechten Endposition des Kolbens 312 kann eine zweite entsprechende Kolbenendlage-Regelungsvorrichtung vorgesehen werden.

Durch die beschriebene Regelung der Kolbenendlage ergibt sich eine definierte Ortslage des maximalen Kompressordrucks, wodurch die Ventilwirkung der in den Figuren 1 - 6 beschriebenen Einlassventile nicht viel schlechter als bei herkömmlichen Flatterventilen ist, jedoch absolut verschleißfrei arbeitet.

Bei einem Antrieb des Kolbens durch einen bewegten Magneten oder Eisenkern ergibt sich der Vorteil, dass keine bewegten elektrischen Leitungen erforderlich sind. Ferner ergibt sich eine federnde Wirkung durch das Magnetfeld, wodurch eine Zentrierfeder entfallen kann. Damit sind alle Verschleißteile und Federn, für die ein Bruchrisiko besteht, nicht mehr vorhanden.

Bei nicht rotationssymmetrischem Aufbau des Elektromagneten 260 und/oder der ferromagnetischen Teile, die mit dem Kolben 212 verbunden sind, ergibt sich auch eine Führung in der Rotationsachse, so dass eine mechanische Verdrehsicherung entfallen kann.

In Figur 9 ist ein Stirling-Kryokühler 400 dargestellt, der von einem Kolbenkompressor 10 und einem Kaltfinger 460 gebildet wird. Der Kaltfinger 460 wiederum wird von einem Displacer-Kolben 462 gebildet, der in einem Kaltfinger-Zylindergehäuse 464 oszilliert. Der Displacer-Kolben 462 ist in dem Kaltfingergehäuse gasgelagert. Hierzu weist der Kaltfinger 460 einen Kaltfinger-Druckgasspeicher 466 auf. Ferner sind in dem Zylindergehäuse 464 Gaslagerdüsen 468 zur Lagerung des Displacer-Kolbens 462 vorgesehen. Die Gaslagerdüsen 468 werden von dem Druckgasspeicher 466 mit Druckgas gespeist. Der Kolbenkompressor-Druckgasspeicher 34 ist durch eine Kaltfinger-Gaszuleitung 470 mit dem Kaltfinger-Druckgasspeicher 466 verbunden. Zwischen dem Kolbenkompressor-Druckgasspeicher 34 und der Kaltfinger-Gaszuleitung 470 ist ein Kaltfinger-Ventil 480 vorgesehen, das von einer Kolbenwandöffnung 482 und einer Zylinderwandöffnung 484 des Kolbenkompressors 10 gebildet ist und in einer in der Figur 9 dargestellten Füllposition des Kolbenkompressor-Kolbens 12 geöffnet ist. In der Füllposition des Kolbenkompressor-Kolbens 12 wird auf diese Weise auch der Druckgasspeicher 466 des Kalt-

fingers 460 mit Druckgas versorgt. Das Kaltfinger-Ventil 480 ist in gleicher Weise ausgebildet wie das Kolbenkompressor-Einlassventil 42.

Das Druckgas fließt in der Füllposition des Kolbenkompressor-Kolbens 12 in den Kaltfinger-Druckgasspeicher 466 und wird über den gesamten Bewegungszyklus des Displacer-Kolbens 462 über die Kaltfinger-Gaslagerdüsen 468 abgegeben.

Bei dem dargestellten Stirling-Kühler handelt es sich um einen Split-Stirling-Kühler, wobei eine Überströmleitung 490 den Kaltfinger 460 mit Gas aus dem Kolbenkompressor 10 versorgt.

Der Displacer-Kolben 462 ist durch die in zwei Querebenen liegenden Gaslagerdüsen 468 ausschließlich in der "warmen" Hälfte des Kaltfinger-Zylindergehäuses 464 gelagert. Durch diese Anordnung der Kaltfinger-Gaslagerdüsen 468 wird vermieden, dass das relativ warme aus den Kaltfinger-Gaslagerdüsen 468 ausströmende Gas die kalte Seite des Kaltfingers 460 erwärmt.

Während der Bewegung des Kolbenkompressor-Kolbens 12 in die Nichtfüllposition nimmt der Druck in dem Kolbenkompressor-Zylinderdruckraum 20 schnell ab, wohingegen sich der Gasdruck in den beiden Druckgasspeichern 34, 466 nur langsam über die Gaslagerdüsen 28, 468 des Kolbenkompressors 10 und des Kaltfingers 460 und über die sog. Kolbenlecks abbaut. Solange der Kolbenkompressor-Kolben 12 mit ausreichend hoher Frequenz oszilliert, ist zu jedem Zeitpunkt eine ausreichende Druckdifferenz vor und hinter den Gaslagerdüsen 28, 468 vorhanden, die die Gaslagerung der Kolben 12, 462 aufrechterhält. Der geringe Gasfluss aus den Gaslagerdüsen 468 des Kaltfingers 460 wird über die Überströmleitung 490 in den Zylinderdruckraum 20 des Kolbenkompressors 10 zurückgeführt.

Patentansprüche

1. Kolbenkompressor mit

einem Kolben (12), der in einem Zylinder (14) oszilliert und der in einer Füllposition in einem Zylinderdruckraum (20) Gas komprimiert,

im Kolbenbereich angeordneten Gaslagerdüsen (28) zur Gaslagerung des Kolbens (12),

einem Druckgaspeicher (34), der mit den Gaslagerdüsen (28) verbunden ist,

einer Druckgaszuleitung (18) zwischen dem Zylinderdruckraum (20) und dem Druckgasspeicher (34), und

einem Einlassventil (42) im Verlauf der Druckgaszuleitung (18), das in der Füllposition des Kolbens (12) geöffnet ist,

d a d u r c h   g e k e n n z e i c h n e t ,

dass das Einlassventil (42) von einer Zylinderwandöffnung (22) und einer Kolbenwandöffnung (38) gebildet wird, die in der Füllposition des Kolbens (12) einander gegenüberliegen und ein geöffnetes Ventil bilden und in einer Nichtfüllposition von der Kolbenwand (40) bzw. der Zylinderwand (24) verschlossen sind und ein geschlossenes Ventil bilden.

2. Kolbenkompressor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Zylinderwandöffnung (22) und/oder die Kolbenwandöffnung (38) als Zirkulärnut (39) ausgebildet ist.
3. Kolbenkompressor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Druckgaszuleitung (18) in dem Zylindergehäuse (16) zwischen dem Zylinderdruckraum (20) und dem Einlassventil (42) angeordnet ist.
4. Kolbenkompressor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Druckgaszuleitung (164) in dem Kolben (112) zwischen dem Kolbenboden (172) und der Kolbenwand angeordnet ist.
5. Kolbenkompressor nach einem der Ansprüche 1 - 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Druckgasspeicher (34) und die Gaslagerdüsen (28) in dem Kolben (12) angeordnet sind.
6. Kolbenkompressor nach einem der Ansprüche 1 - 5, dadurch gekennzeichnet, dass im Verlauf der Druckgaszuleitung (164) ein durch eine zweite Zylinderwandöffnung (176) und eine zweite Kolbenwandöffnung (174) gebildetes zweites Einlassventil (148) angeordnet ist.
7. Kolbenkompressor nach einem der Ansprüche 1 - 6, dadurch gekennzeichnet, dass in dem Zylinder (114) eine Verdrehsicherung vorgesehen ist, die ein Verdrehen des Kolbens (112) in dem Zylinder (114) verhindert.
8. Kolbenkompressor nach einem der Ansprüche 1 - 7, dadurch gekennzeichnet, dass jede Gaslagerdüse (28) durch einen in eine Düsenbohrung eingesetzten Draht gebildet ist.

9. Kolbenkompressor nach einem der Ansprüche 1 - 7, dadurch gekennzeichnet, dass jede Gaslagerdüse (28) durch einen gasdurchlässigen Stopfen aus Sintermaterial gebildet ist.

10. Kolbenkompressor nach einem der Ansprüche 1 - 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Gaslagerdüsen (28) jeweils in einer Querebene auf der Höhe der beiden Kolbenendbereiche angeordnet sind.

11. Kolbenkompressor nach einem der Ansprüche 1 - 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Gaslagerdüsen (28) in dem Kolben (12) vorgesehen sind.

12. Kolbenkompressor nach einem der Ansprüche 1 - 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Gaslagerdüsen (229) in dem Zylindergehäuse (216) angeordnet sind.

13. Kolbenkompressor nach einem der Ansprüche 1 - 12, dadurch gekennzeichnet, dass eine pneumatische Kolbenendlage-Regelungsvorrichtung vorgesehen ist, die aufweist:

einen Regeldruckspeicher (360) in dem Kolben (312), wobei der Regeldruckspeicher (360) mit einer Regeldruckspeicher-Kolbenwandöffnung (356) in der Kolbenwand verbunden ist

eine Konstantdruckgasquelle (350), die durch eine Leitung (352) mit einer Zylinderwandöffnung (354) verbunden ist, die mit der Regeldruckspeicher-Kolbenwandöffnung (356) ein Regelventil (358) bildet und in der Endlage des Kolbens (312) von der Regeldruckspeicher-Kolbenwandöffnung (356) passiert wird, und

einer Leitung (364) zwischen dem Zylinderdruckraum (366) und einer Zylinderwandöffnung (368), die mit der Regeldruckspeicher-Kolbenwandöffnung (356) ein Entladeventil (370) bildet, und die während eines Zyklus' in einer Nicht-Endlage des Kolbens (312) von der Regeldruckspeicher-Öffnung (356) passiert wird.

14. Stirling-Kühler mit einem Kaltfinger (460) und einem Kolbenkompressor (10) nach einem der Ansprüche 1-13, wobei

der Kaltfinger (460) einen Displacer-Kolben (462) in einem Kaltfinger-Zylindergehäuse (464) aufweist,

der Kaltfinger (460) einen Druckgasspeicher (466) und damit verbundene Gaslagerdüsen (468) zur Lagerung des Displacer-Kolbens (462) aufweist,

der Kaltfinger-Druckgasspeicher (466) mit dem Kolbenkompressor-Druckgasspeicher (34) durch eine Kaltfinger-Gaszuleitung (470) verbunden ist, und

im Verlauf der Kaltfinger-Gaszuleitung (470) ein Ventil (480) angeordnet ist, das von einer Kolbenwandöffnung (482) und einer Zylinderwandöffnung (484) des Kolbenkompressors (10) gebildet wird und in einer Füllposition des Kolbenkompressor-Kolbens (12) öffnet.

### Zusammenfassung

Ein Kolbenkompressor weist einen Kolben (12) auf, der in einem Zylinder (14) oszilliert. Es ist eine Druckgasversorgungsanordnung vorgesehen, die einen Druckgasspeicher (34), eine Druckgaszuleitung (18) zwischen einer Druckgasquelle (20) und dem Druckgasspeicher (34) aufweist. Ferner ist im Verlauf der Druckgaszuleitung (18) ein Einlassventil (42) vorgesehen, das in einer Füllposition des Kolbens (12) geöffnet ist. Das Einlassventil (42) wird von einer Zylinderwandöffnung (22) und einer Kolbenwandöffnung (38) gebildet, die in der Füllposition des Kolbens (12) einander gegenüberliegen und ein geöffnetes Ventil bilden und in einer Nichtfüllposition des Kolbens (12) von der Kolbenwand (40) bzw. der Zylinderwand (24) verschlossen sind und ein geschlossenes Ventil bilden. Hierdurch ist ein Ventil geschaffen, dass keine beweglichen Teile aufweist und daher einfach herstellbar ist, eine hohe Zuverlässigkeit und eine lange Lebensdauer aufweist.

(Fig. 1)



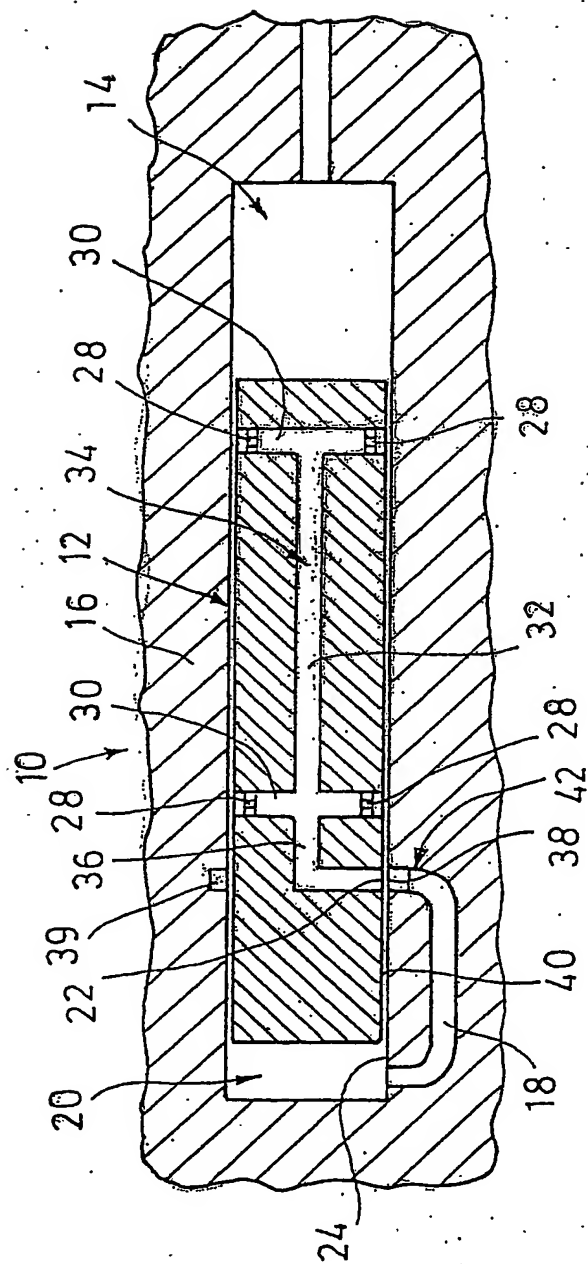


Fig.1

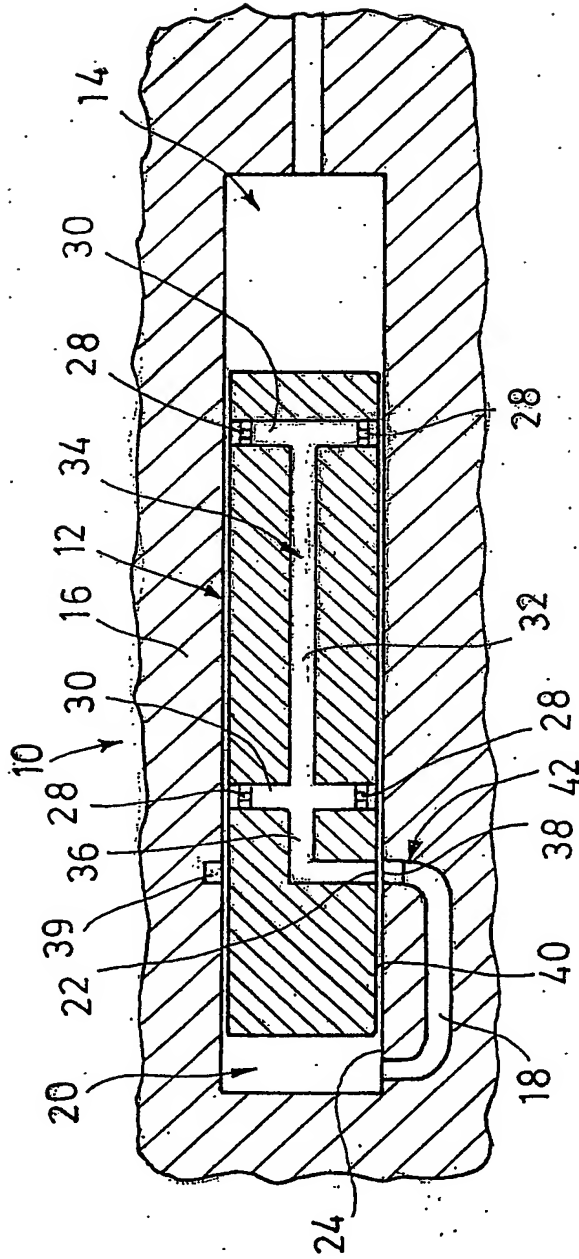


Fig.2

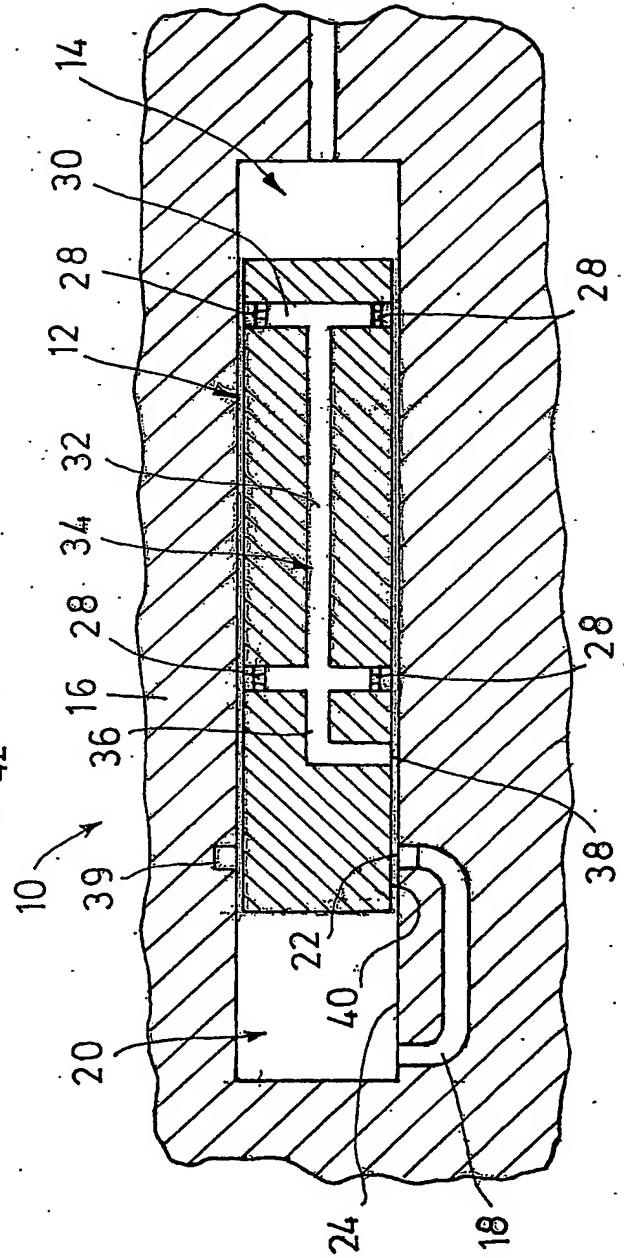


Fig. 3

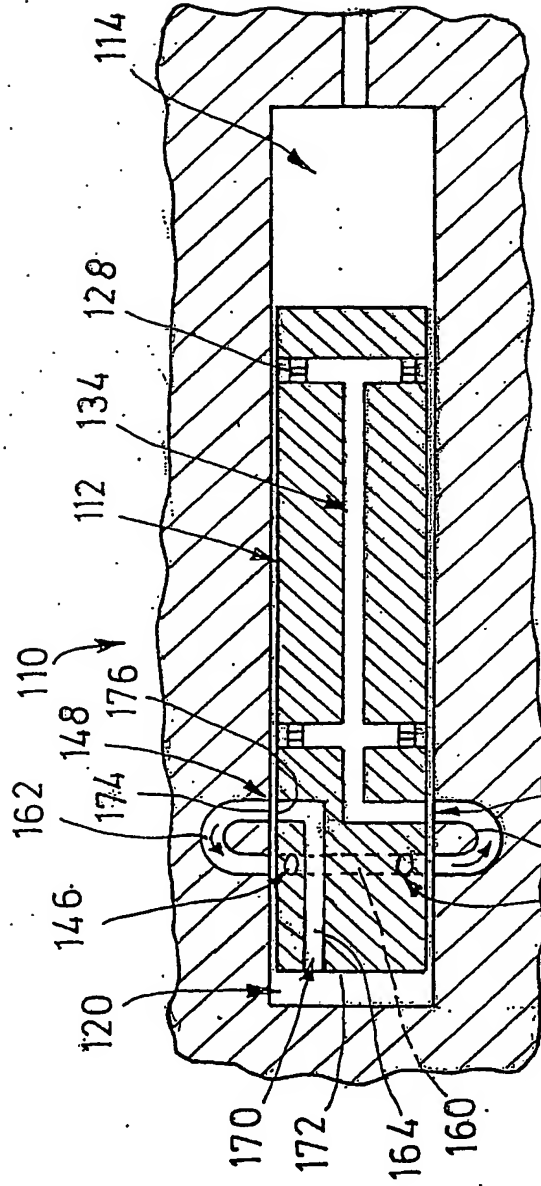


Fig. 4

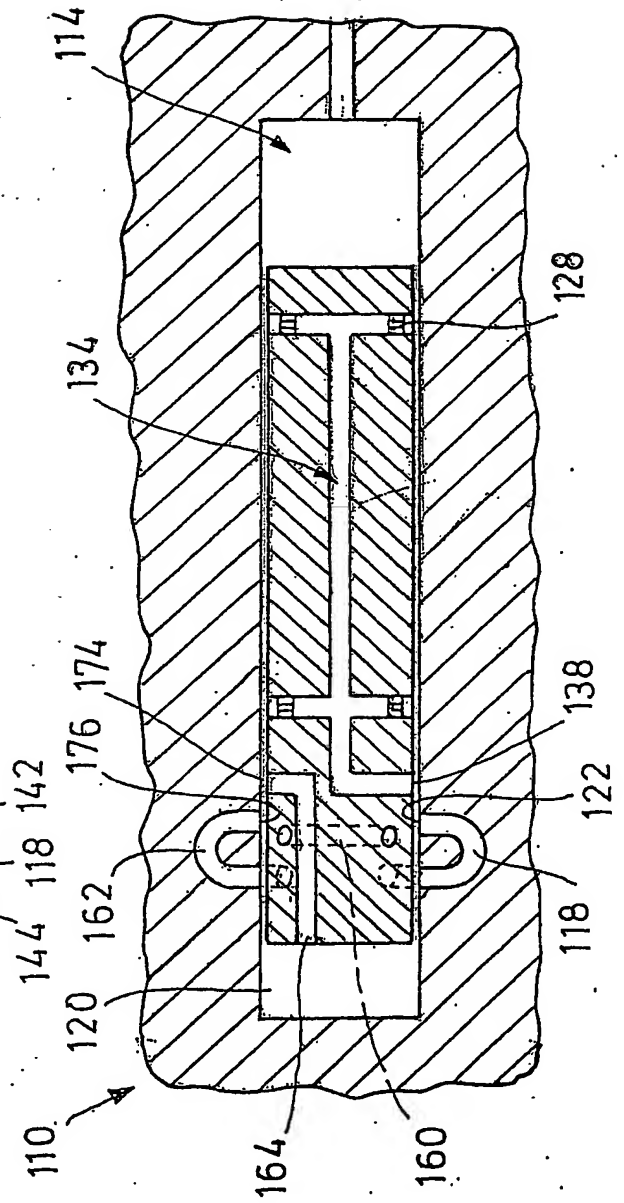


Fig. 5

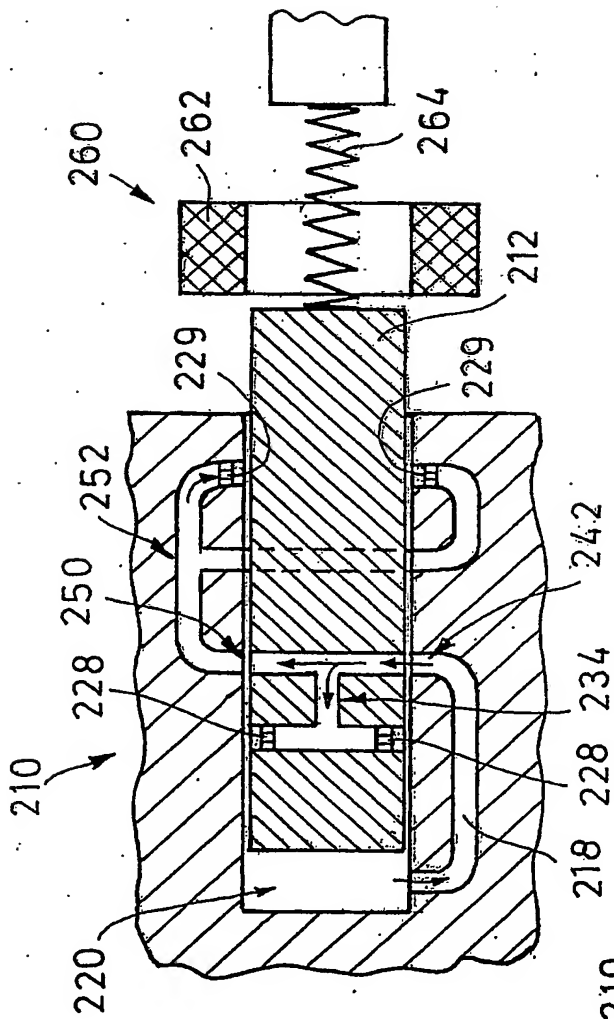


Fig. 6

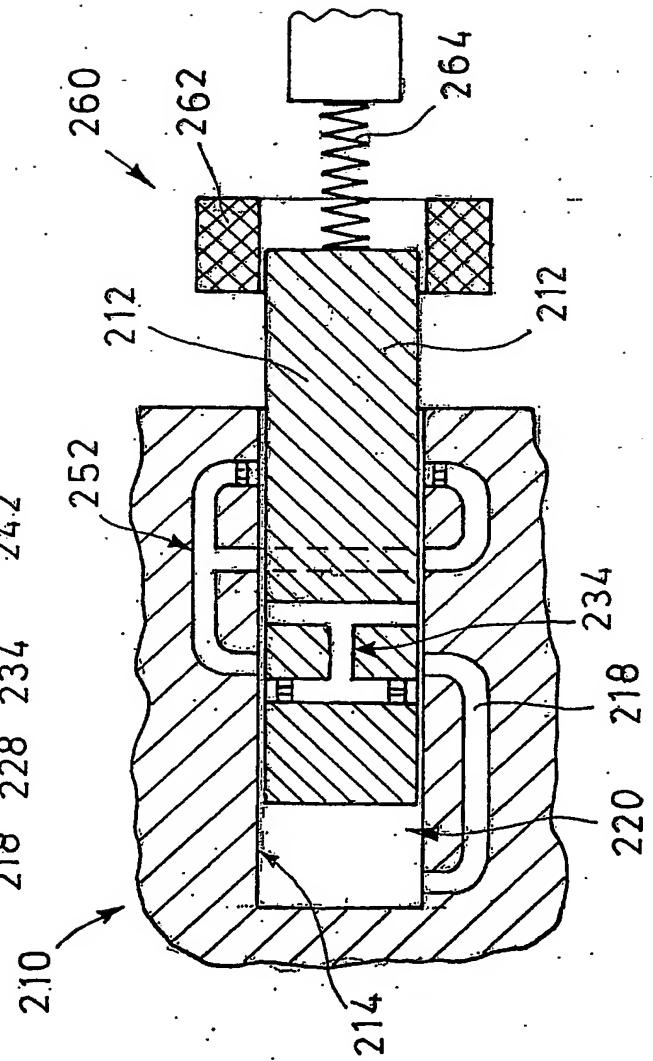
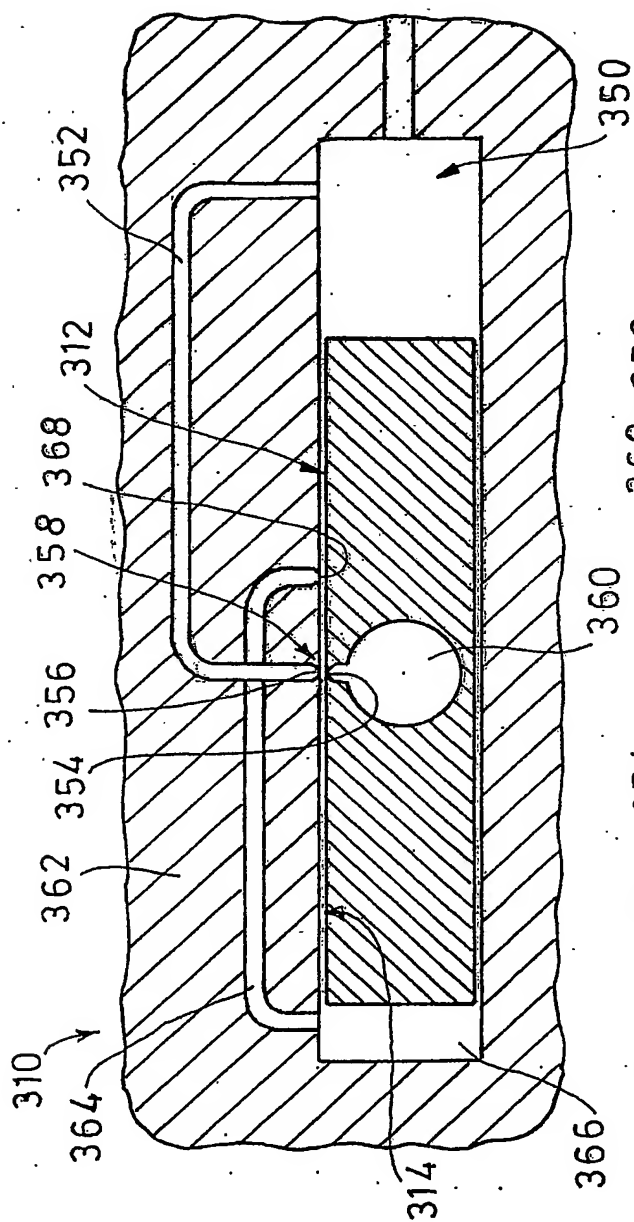


Fig. 7



Fi g. 8

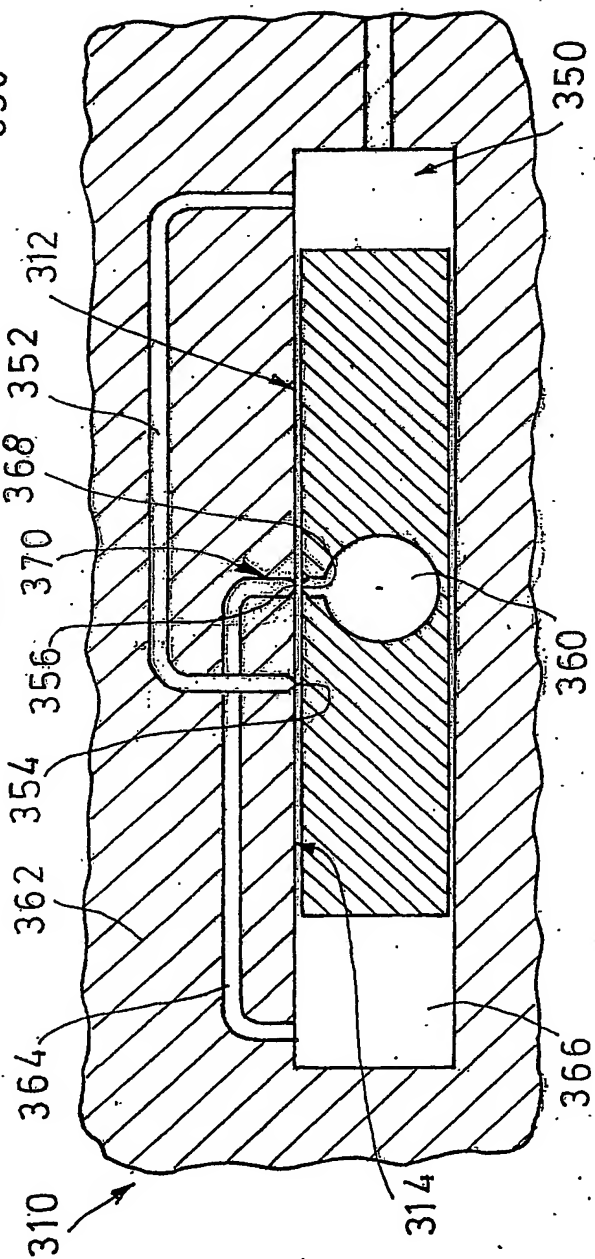


Fig. 9

